Comunicación Técnica

Propagación del burío

Un recurso no maderable del bosque tropical, útil para el procesamiento de dulce y azúcar orgánicos

Ana María Gutiérrez Uribe
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
amgutieru@unalmed.co
Francisco Mesén Sequeira
fmesen@hotmail.com
fmesen@costarricense.cr
Róger Villalobos Soto
CATIE. rvillalo@catie.ac.cr

El burío (*Heliocarpus appendiculatus*) está considerado entre las especies de plantas que merecen una propuesta de domesticación en Costa Rica.



Resumen

El mercado mundial de edulcorantes naturales está incrementando la demanda del azúcar orgánico. Esta es una oportunidad para los productores de dulce y azúcar de caña orgánicos que utilizan el mucílago del tallo y las raíces de burío (*Heliocarpus appendiculatus*) como floculante para la clarificación o limpieza de los jugos de caña, sin el uso de polímeros sintéticos importados. En este trabajo se evaluó la propagación del burío por semillas, estacas y acodos.

Se encontraron diferencias en la germinación de semillas de las fuentes identificadas de Santiago de Paraíso (1450 msnm), CATIE (600 msnm), Platanillo o Tayutic (1100 msnm) y Matina (50 msnm). El material de Santiago de Paraíso produjo la mejor germinación (62,3% para semillas extraídas y 50,3% para semillas dentro del fruto). La regeneración natural parece la mejor alternativa para asegurar el uso sostenible del burío, el cual produce más de medio millón de semillas por árbol.

Para las estacas, en propagadores de sub-irrigación, el mejor porcentaje de enraizamiento (33%) se obtuvo en arena y con 0,3% (P/V) de ácido indol-3-butírico (AIB) disuelto en metanol puro aplicado a la base de la estaca, bajo polietileno transparente y sombreado hasta lograr una radiación fotosintéticamente activa (RAFA) de 78 μ moles/m^2/seg, en promedio.

Para los acodos, el musgo y el aserrín fueron los mejores sustratos para el enraizamiento (53%) y producción de raíces. Sin embargo, se debe investigar más esta alternativa de propagación, ya que ningún acodo sobrevivió al transplante en bolsas.

Palabras claves: *Heliocarpus appendiculatus*; propagación de plantas; semillas; germinación; pregerminación; acodo; poder germinativo; propagación vegetativa; azúcar orgánico; edulcorantes; productos forestales no maderables.

Summary

Propagation of burio. A non-timber resource from the tropical forest, use ful for the processing of organic non-centrifugal and refined sugar cane. The world market of natural edulcorants is increasingly demanding organic sugar. This is an opportunity for organic sugar cane producers who use shoot and root burío mucilage (*H. appendiculatus*) as a floculant for juice clarification, instead of imported polymeric additives. In this work we assessed the burío propagation by seed, cutting and air layering.

Differences were found in the germination of seeds from four identified sources: Santiago de Paraíso (1450 masl), CATIE (600 masl), Platanillo or Tayutic (1100 masl) and Matina (50 masl). Santiago de Paraíso seeds showed the best results at nursery (62,3% for clean seeds and 50,3% for seeds inside the fruits). Natural regeneration seems to be the best alternative for ensuring a sustainable use of burío, which can produce more than half a million seeds per tree.

The best rooting percentage for cuttings in non-mist propagators (33%) was obtained in sand with 0,3% (W/V) of indol-3-butiric acid (IBA) dissolved in pure methanol applied to the cutting base, under clear polyethylene and shaded to obtain a mean photosynthetic active radiation (PAR) of 78 μ mol/m^2/seg.

In air layering, moss and sawdust were the best substrates for rooting (53%) and root production. Nevertheless, additional research is required, since none of the air layerings survived after planting in bags.

Keywords: *Heliocarpus appendiculatus*; seeds; germination; pregermination; air layering; gernination power; vegetative propagation; organic sugar; edulcorantes; non-wood forest products.

La corteza del tallo y las raíces del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) se utilizan en las zonas cañeras húmedas de Costa Rica para la clarificación o descachace de los jugos de caña para la elaboración del dulce de tapa[1]. Los agentes clarificadores actúan como floculantes para aglutinar sólidos en suspensión, coloides y algunos compuestos colorantes y precursores de color, con lo que se obtiene un jugo de buena calidad (CIMPA 1992). El proceso de clarificación es crítico e influye en el precio de venta del azúcar y dulce orgánicos; en mayo del 2002, los precios oscilaban entre 20 y 42 US$/50 kg[2]. En el caso del dulce, el peso de este proceso dentro del costo total de la molienda es de 0.3%, sin considerar costos administrativos, financieros, ni de ventas[3].

El mucílago natural obtenido del burío y otras especies es aceptado en la producción orgánica. Entre los mucílagos del burío también existen diferentes calidades, pero se prefiere el mucílago transparente al rojizo y la corteza que no se astilla al macerarlo[4]. Sin embargo, no está claro si las diferentes calidades del mucílago son consecuencia de factores ambientales, factores fisiológicos o si se trata de una característica genética[5]. En este estudio no se tuvo en cuenta la calidad del mucílago de los árboles semilleros, y en la preparación de las estacas siempre se observó un mucílago transparente.

Aunque el burío no es una especie amenazada actualmente, es importante iniciar investigaciones tendientes al manejo sostenible de este recurso nativo para evitar la escasez de su corteza y garantizar el abastecimiento de este nuevo mercado de productos orgánicos que está creciendo entre 5 y 40% anualmente (ITC 1999, citado por Willer y Yussefi 2001). El burío está considerado entre las especies de plantas que merecen una propuesta de domesticación en Costa Rica (Ocampo 1994), aunque también se podría inducir la regeneración del *H. appendiculatus* en bosques secundarios cercanos a los trapiches. Este estudio pretendió evaluar diferentes alternativas para propagar el burío y así garantizar un suministro constante de corteza.

Metodología

Propagación por semillas

Germinación en el vivero de semillas provenientes de cuatro fuentes

Para el estudio se colectaron semillas en cuatro sitios diferentes (Figura 1), y se formaron cuatro lotes por mezcla de frutos en partes iguales por peso de cada árbol (Kemp 1979). Los detalles de los lotes se presentan en el Cuadro 1. Se utilizó el tratamiento pregerminativo de extracción de semillas de la cápsula y un control. La extracción de semilla se hizo por el método de Hernández (1989), que fue el más efectivo de los diez tratamientos pregerminativos ensayados en un experimento previo. Este consiste en mezclar 8 g de frutos con agua corriente en un vaso de 4 oz para licuadora casera durante 8 segundos, a máxima velocidad y secarlos al aire. El tratamiento de control se realizó para comprobar si la cápsula impone una latencia aparente de la semilla (Vázquez-Yanes 1976), la cual al parecer no es ni fotorregulada ni termorregulada, sino de otro tipo desconocido (Figueroa y Vázquez-Yanes 2002).

Para el análisis de la germinación se utilizó un diseño de parcelas con tres sustratos (arena, tierra y arena:tierra 1:1) y ocho tratamientos producto de la combinación de la eliminación o no de la cápsula que envuelve la semilla: cuatro fuentes identificadas y cuatro repeticiones

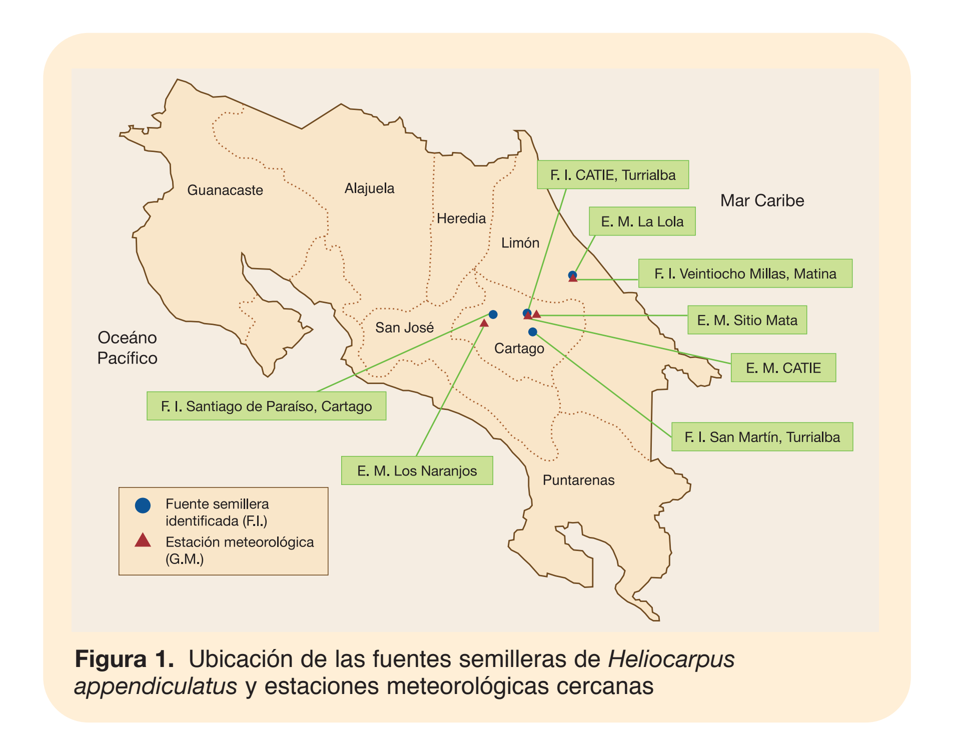


Figura 1. Ubicación de las fuentes semilleras de *Heliocarpus appendiculatus* y estaciones meteorológicas cercanas

[1] *Non centrifugal sugar cane*, panela, rapadura, chancaca, gur.
[2] Tomás Madriz, Administrador de los cultivos de caña en la Hacienda del Ingenio Juan Viñas, Costa Rica. Comunicaión personal.
[3] Ing. Felipe Ortuño, socio de la empresa As-Sukkar S.A., productora y exportadora del dulce orgánico. Platanillo, Costa Rica. Comunicación personal.
[4] Don Rodolfo Sojo, Trapiche de Tres Equis; Don Ruperto Maroto, descachazador en el Trapiche de las Vueltas de Tucurrique; Don Miguel Sojo, descortezador en As_Sukkar S.A. y Don Juan Ramon Umaña, descortezador retirado. Comunicaciones personales.
[5] Dr. Manuel Guariguata, Secretariat of the Convention of Biological Diversity Montreal, Canadá. Comunicación personal.

Cuadro 1.
Características de los lotes de semillas utilizados para el ensayo de germinación de burío (*Heliocarpus appendiculatus*), vivero forestal de Cabiria, CATIE, 2002

Condiciones de los lotes de semillas	Fuente identificada (localidad)			
	Santiago de Paraíso, Cartago	Platanillo (Tayutic), Turrialba, Cartago	CATIE, Turrialba, Cartago	Veintiocho Millas, Matina, Limón
Altura (msnm)	1450 msnm	1100 msnm	600 msnm	50 msnm
Fecha de recolección (m/a)	Dic/2001	Dic/2001	Feb/2002	Feb/2002
Número de árboles cosechados	6	9	10	8
Frutos recién cosechados				
Contenido de humedad	49,2%	--	30,4%	46,2%
Cantidad de frutos puros/kg	122 579		294 204	296 648
Frutos al momento del almacenamiento				
Contenido de humedad al inicio del almacenamiento	13,6 %	11,8 %	12,8 %	12,6 %
Cantidad de frutos puros/kg	218 198	274 348	311 139	296 033
Cantidad de frutos puros /kg con impurezas de la colecta	199 005	253 743	298 063	287 439

por tratamiento. El ensayo se realizó en el vivero forestal del CATIE entre el 21 de marzo y el 20 de abril de 2002. Los recuentos se hicieron diariamente durante 21 días y luego cada tres días hasta el día 30.

Cosecha de frutos por árbol
En Matina se realizó un ensayo adicional para determinar la cantidad de frutos producidos al cosechar un cuarto del área de copa de tres árboles y pesando inmediatamente los frutos verdes y maduros. A cada árbol se le hicieron las pruebas de rutina del ISTA (1996).

Propagación vegetativa
Los experimentos se establecieron en el vivero forestal de la finca Cabiria del CATIE. Estos ensayos se realizaron con una sola fuente de material, proveniente de los alrededores del CATIE. Todos los árboles presentaban hojas y rebrotes, sin flores ni frutos.

Efecto de la longitud de estaca, formas de aplicación del AIB y radiación solar
Se emplearon las estacas apicales de cuatro árboles con diámetros entre 6,7 y 28,8 cm y alturas entre 4 y 15 m. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en un arreglo factorial formado por cuatro longitudes de estacas (6, 14, 22 y 30 cm) y siete tratamientos: aplicación de ácido indol-3-butírico (AIB) al 0,3% (P/V) disuelto en agua destilada; metanol al 25%, 50%, 75% ó 100%, o mezclado en una base de talco y un control de agua destilada sin AIB. En dos propagadores de sub-irrigación (Leakey *et al.* 1990) se impusieron dos condiciones de luz (bloques) con plástico blanco o transparente, bajo sombra a 2 m de altura (radiación fotosintéticamente activa (RAFA) promedio dentro del propagador de 78 y 43 μ moles m^{-2} seg^{-1}, con máximas de 476 y 219 m moles m^{-2} seg^{-1}, respectivamente). Estas condiciones de luz no fueron aleatorias, por lo que no aparecen en el modelo.

La proporción de estacas de cada árbol fue igual para las cuatro longitudes establecidas y los tratamientos se aplicaron al azar. En cada estaca se dejó sólo 30 cm^2 de una lámina foliar, se sumergió su base en la solución por un segundo y se secó con un ventilador por 3 minutos antes de ser sembrada en arena:aserrín (1:1) dentro de los propagadores.

Efecto de tres sustratos en el enraizamiento de los acodos
Se emplearon 15 árboles con diámetros entre 5,8 y 55,5 cm y alturas entre 4 y 25,5 m. A cada árbol y en ramas escogidas al azar se hicieron tres acodos. Se hizo un anillo en la corteza de 8 cm de longitud, se aplicó AIB al 0,3% en una base de talco y el sustrato (musgo, aserrín o estopa[6]) se envolvió con plástico. Las ramas laterales se podaron por encima del anillo.

Resultados y discusión
Germinación en el vivero de semillas provenientes de cuatro fuentes
Hubo diferencias en la germinación de las fuentes identificadas, con y sin extracción de la semilla e interacciones significativas entre fuentes y material utilizado. No hubo diferencias significativas en cuanto al tipo de sustrato. La semilla de Santiago de Paraíso fue la que mejor germinó (62,3%). Estas semillas fueron las más pesadas (Cuadro 1) y posiblemente las más maduras. Las semillas de las fuentes de Platanillo y CATIE germinaron cerca de 50% y Matina 24% (Figura 2a). Dentro de cada fuente, los promedios de germina-

[6] estopa: sobrantes de hilo de algodón enredados.

ción con el tratamiento pregerminativo siempre fueron superiores a los promedios de las semillas con su cápsula. Aunque la germinación de semillas de Platanillo y CATIE fueron similares, en el tratamiento de control fueron de 44,3% y 26,4%, respectivamente (Figuras 2a y 2b).

En ensayos preliminares aplicando diferentes tratamientos pregerminativos a un primer lote de semillas de Santiago de Paraíso, la extracción de semillas por el método de Hernández (1989) resultó cinco veces superior al control, mientras que las diferencias en este ensayo son más estrechas. Estos resultados confirman que la cápsula restringe la germinación (Vázquez-Yanes 1976), pero no está claro si la cápsula pierde esta capacidad paulatinamente, si las diferencias en la germinación se deben a un periodo de post-maduración de las semillas, o si existe una interacción entre ambos factores. Eventualmente, factores ambientales que afectaron a las plantas madres durante la formación de las semillas también podrían influir en la viabilidad después de la recolección de los frutos (Mayer y Poljakoff-Mayber 1975).

En un ensayo de germinación en el laboratorio, donde se probaron diferentes combinaciones de luz, temperatura y sustrato, más de la mitad de los valores de germinación estadísticamente superiores correspondieron a las condiciones controladas aplicadas a las semillas extraídas de Santiago de Paraíso. Sin embargo, no se puede afirmar que la zona de Santiago de Paraíso es la mejor fuente de semillas, pues un solo sitio identificado en unas condiciones ambientales específicas no es suficiente para llegar a esta conclusión.

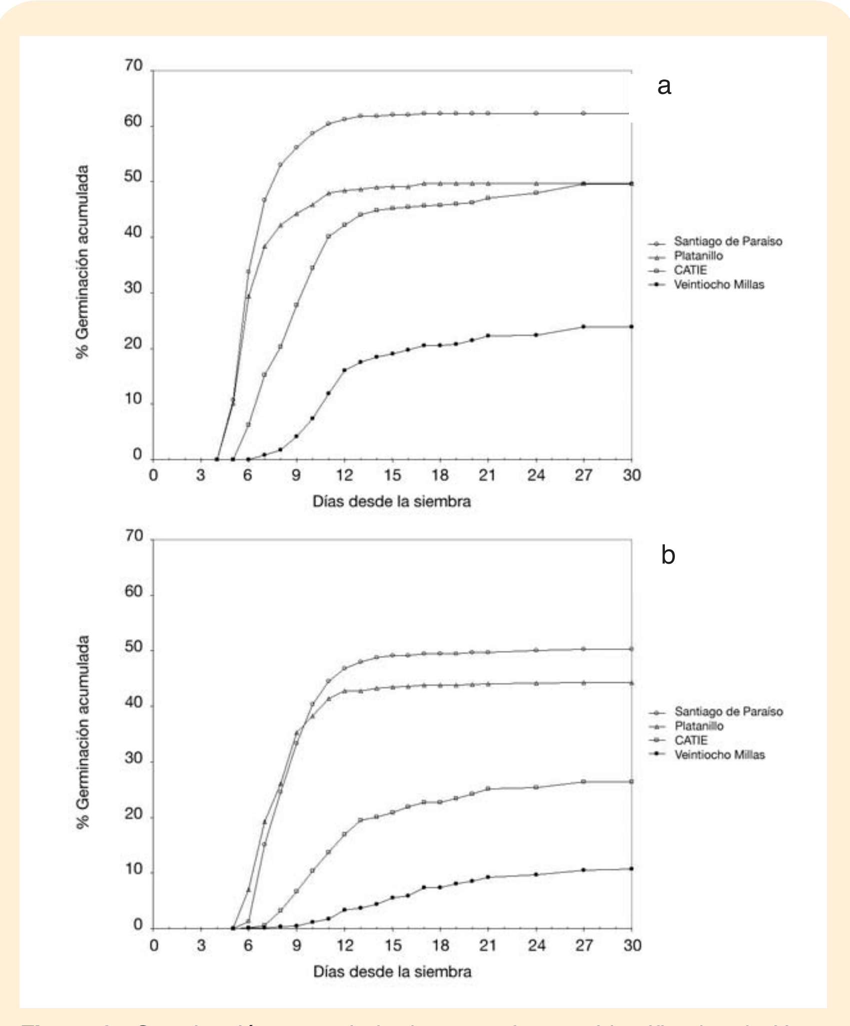


Figura 2. Germinación acumulada de cuatro fuentes identificadas de *H. appendiculatus* en el vivero forestal de Cabiria a) semillas y b) frutos (N = 12)

Cosecha de semillas por árbol y regeneración natural

Técnicamente, la extracción de las semillas es la mejor opción para propagar el burío, pero los costos y riesgos de cosechar directamente los frutos de los árboles en pie pueden ser altos, dada la baja densidad de su madera (entre 0,1 y 0,3 g/cm^3) (McDonald *et al.* 1995). Otra opción sería cosechar los frutos al momento de talar los árboles, pero gran parte de los frutos se desprenderán antes de que el árbol caiga. Tres árboles en Veintiocho Millas, Matina (50 msnm) produjeron en promedio una cosecha de 500 000 frutos. Con 10,75% de germinación de semillas dentro de la cápsula, se obtendrían aproximadamente 55 000 plántulas por árbol. Por la abundancia de plántulas estimada -sin considerar la sobrevivencia- la regeneración de esta especie no parece estar amenazada.

Otra alternativa podría ser favorecer la regeneración de la especie en los bosques secundarios, pero es necesario evaluar la sensibilidad de la semilla al fuego.

En el laboratorio, ninguna semilla de la fuente de Santiago de Paraíso (1450 msnm) germinó después sumergirlas hasta por 30 segundos en agua a punto de ebullición; no obstante, en un ensayo similar Vázquez-Yanes (1976) obtuvo una germinación del 65% con semillas recién cosechadas y sumergidas por un minuto.

Propagación por estacas y acodos

No se encontró ningún trabajo previo relacionado con la propagación vegetativa de *H. appendiculatus* ni en árboles de la familia de las tiliáceas, por lo que la discusión de los resultados se apoya en los hallazgos realizados en otras especies del orden de las Malvales.

Enraizamiento de estacas

La longitud de las estacas y la forma de aplicación de la hormona no interactuaron sobre la sobrevivencia, enraizamiento y número de raíces de las estacas. A diferencia de otras especies, como *Triplochiton scleroxylon* (Leakey y Mohammed 1985), la longitud no mostró un efecto importante sobre el porcentaje de enraizamiento pero sí sobre la sobrevivencia: a mayor longitud, mayor sobrevivencia (Figura 3). La mayor irradiación mejoró la sobreviviencia, como ocurre también con el cacao (Odegbaro y Adedipe 1986). Las estacas de 30 cm de longitud en propagadores de sub-irrigación con RAFA promedio de 78 μ moles/m^2/seg presentaron una sobrevivencia de 77%.

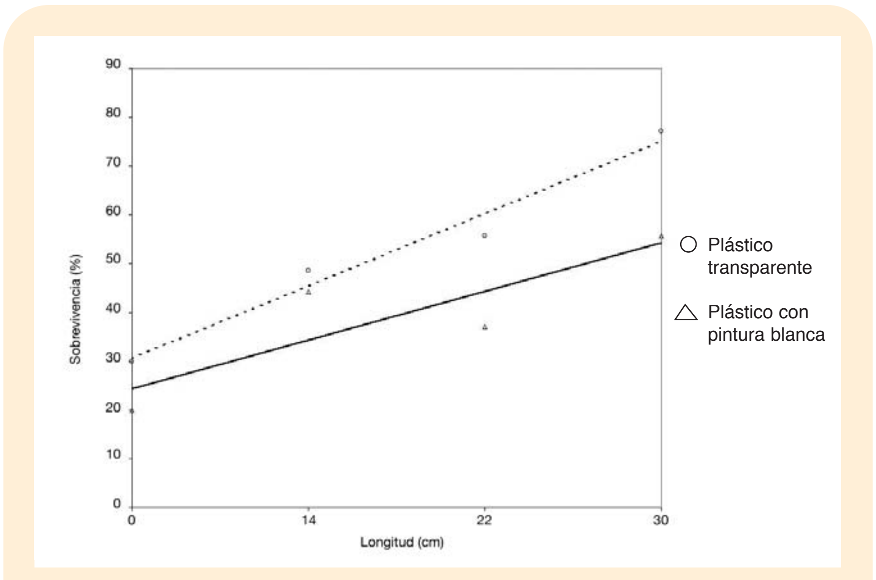


Figura 3. Sobrevivencia de estacas de burío (*H. appendiculatus*) en función de la longitud, bajo dos condiciones de irradiación

Aplicando el AIB 0,3% (P/V) en metanol puro se obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento: 33% (Figura 4) y el mayor número promedio de raíces por estaca (8,5) un mes después del establecimiento. Se sugiere utilizar estacas de 30 cm de longitud.

El enraizamiento y número de raíces obtenido bajo las dos irradiaciones ensayadas fueron diferentes (plástico transparente y plástico con pintura blanca). Para el pilón (*Hyeronima alchornoides*), la relación positiva y directa de la radiación solar con el enraizamiento fue el factor más importante para asegurarlo (Núñez 1997). Es conveniente probar mayores exposiciones a la luz, pues se ha encontrado que el enraizamiento se acelera muy por debajo del punto de saturación lumínica (Leakey 1985) y que fue de 500 μ

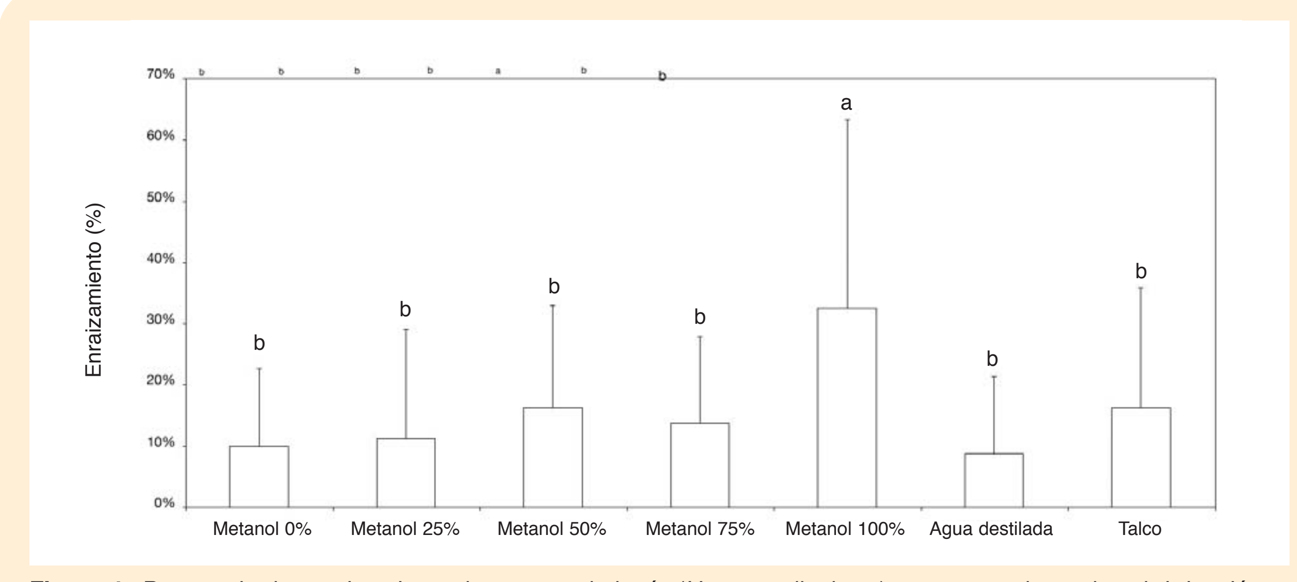


Figura 4. Porcentaje de enraizamiento de estacas de burío (*H. appendiculatus*) en propagadores de sub-irrigación, en respuesta a tratamientos hormonales. La línea vertical representa la desviación estándar. Barras con la misma letra no difieren significativamente

moles/m²/seg de RAFA, para plántulas de burío en macetas y aclimatadas a la sombra (Fetcher *et al.* 1987).

En muchas de las estacas, enraizadas y sin enraizar, se observó la presencia de callosidades de las cuales no se desarrollaban las raíces; aunque la formación del callo es una etapa previa al enraizamiento, este no asegura la formación de raíces (Haissig 1986). Las raíces se formaron a partir de protuberancias desarrolladas de las lenticelas en la base de las estacas sanas (Figura 5).

El hecho de mezclar las estacas de diferentes árboles para la aplicación de los tratamientos, no permite determinar si existen diferencias en cuanto a enraizamiento entre árboles individuales, ya que se utiliza material de varios árboles de regeneración natural, entre los que se espera encontrar una alta variabilidad genética (Mesén *et al.* 1997 y 2001). El 72,5% de las estacas utilizadas fueron tomadas de dos de los cuatro árboles utilizados (28,8 y 27,2 cm de diámetro), con características diferentes de lo que se considera material juvenil (Mesén 1998).

La presencia de mucílago puede haber ocasionado la cavitación (embolias) de los elementos del xilema (Loach 1977), pues su hidratación provoca un incremento de la presión osmótica en las células de la savia (Kramer y Koslowski 1979), lo que impide la entrada de agua y del AIB aplicado. Los mucílagos hacen parte de la matriz que rodea las paredes celulares (Salisbury y Ross 1992), y son carbohidratos poliméricos cuya cadena principal está formada por azúcares como manosa, entre otras (Rehm y Espig 1991). En las plantas madres de algunas especies, la manosa inhibe la actividad de las enzimas relacionadas con la formación de raíces (Haissig 1986). El tratamiento con AIB disuelto en metanol puro pudo haber superado en parte este obstáculo y por eso se obtuvo el mejor resultado de enraizamiento.



Figura 5. Detalle de la raíz y lenticelas



Figura 6. Desarrollo exagerado del tejido parenquimático en respuesta de los acodos de burío a la aplicación del AIB (0,3% P/V)

Efecto de sustratos en el enraizamiento de acodos aéreos

No hubo diferencias en el porcentaje de enraizamiento entre los árboles (bloques), a pesar de la variedad de sus tamaños. El tipo de sustratos provocó diferencias en el enraizamiento: 53,3% para musgo y aserrín y 13,3% para estopa, pero no incidió sobre el número de raíces. En acodos de cacao se prefiere el musgo como sustrato, porque conserva mejor la humedad (Guerra 1951). A pesar de estos resultados, la propagación por acodos requiere mayor investigación, pues ningún acodo sobrevivió al ser trasplantado en bolsa.

En dos meses, los acodos enraizados y no enraizados cicatrizaron el anillo de 8 cm de longitud, formando una callosidad abultada (Figura 6), producto del alto contenido de parénquima, que también es el tejido responsable del desarrollo de raíces adventicias (Flores-Vindas 1999). La aplicación del AIB promueve aun más ambos procesos (Salisbury y Ross 1992).

Conclusiones

Por los resultados obtenidos hasta ahora, puede decirse que técnicamente la propagación por semillas es la mejor alternativa para propagar el burío, pero sus resultados no son halagadores para pensar en el almacenamiento de los frutos. Sin embargo, se encontraron muchas diferencias entre los sitios identificados y la recolección de semilla de los árboles en pie fue riesgosa. Además, valores de germinación por debajo del 70% no son aceptables para almacenar las semillas y por lo tanto la recolección periódica es mas costosa. La propagación por estacas sería la mejor alternativa en sitios donde comienza a haber escasez de fuentes de corteza. Esto no significa abandonar la propagación por semillas, particularmente para enriquecer los sitios donde se encuentren poblaciones con buena calidad de mucílago. Debido a que este árbol pertenece al gremio de las heliófitas efímeras, debería investigarse si favorecer la regeneración natural en bosques secundarios y claros grandes del bosque, naturales o producto del aprovechamiento, es una alternativa que permita la sostenibilidad de este recurso en áreas cercanas a trapiches[7].

Es importante, además, determinar en un estudio poblacional si las calidades del mucílago se deben a

[7] Molino para extraer el jugo de los tallos de la caña de azúcar.

factores genéticos, ambientales o fisiológicos. La propagación vegetativa sería una opción, si se establece que la calidad del mucílago está definida genéticamente.

Para ensayos futuros con estacas, sería conveniente determinar la concentración de AIB apropiada para esta especie, y seleccionar los individuos con características más homogéneas. Debido a la alta susceptibilidad del burío a la marchitez, la recolecta de material se debe hacer en días nublados o en las horas más frescas del día. Las ramas y estacas se deben mantener húmedas con un atomizador durante la preparación y no sumergirlas en agua como se hace normalmente, para evitar la hidratación del mucílago y la formación de una barrera para la entrada del AIB. Con el material utilizado para la propagación vegetativa y bajo las condiciones ensayadas, se determinó que la especie es de difícil enraizamiento, a causa de la presencia de mucílago, por lo que resulta necesario ajustar más las condiciones ensayadas para superar estos obstáculos.

Agradecimientos

La primera autora agradece a CATIE y a la ITTO por la oportunidad de continuar su formación profesional y personal con la beca otorgada. A las empresas As-Sukkar S.A. e Ingenio Juan Viñas S.A. por su apoyo económico para esta investigación; muy especialmente al Ing. Felipe Ortuño por la promoción del proyecto y la iniciación de un uso sostenible del burío.

Literatura citada

CIMPA (Centro de Investigación en Caña Panelera, CO). 1992. Manual de elaboración de caña panelera y otros derivados de la caña de azúcar. Barbosa, Colombia. 187 p.

Fetcher, N; Oberbauer, SF; Rojas, G; Strain, BJ. 1987. Efectos del régimen de luz sobre la fotosíntesis y el crecimiento en plántulas de árboles de un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. Revista de Biología Tropical 35 (Supl. 1): 97-110.

Figueroa, JA; Vázquez-Yanes C. 2002. Efecto de la calidad de la luz sobre la germinación de semillas en el árbol pionero tropical *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae). Revista de Biología Tropical 50(1): 31-36.

Flores-Vindas, E. 1999. La planta: estructura y función. Cartago, Costa Rica, Libro Universitario Regional. v. 2.

Guerra, O. 1951. Ensayo de acodos sobre ramas de *Theobroma cacao* L. tratadas con hormonas. Tesis de Especialista en Cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. 46 p.

Haissig, BE. 1986. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In Jackson, MB. New root formation in cuttings. Dodrechh, NE, Martinus Nijhoff. p. 141-189.

Hernández, R. 1989. Tamaño de la semilla y efecto de la temperatura en la germinación de *Heliocarpus popayanensis* H.B.K. Revista Forestal Venezolana 23(33): 21-42.

ISTA (International Seed Testing Association, CH). 1996. International rules for seed testing. Seed Science & Technology 24 (Suppl.):1-89.

Kemp, RH. 1979. La obtención de semilla para las investigaciones de especies y procedencias. *In* Burley, J; Wod, PJ. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Trad. JM. Benson. Oxford, UK, Commonwealth Forestry Institute (Tropical Forestry Paper No. 10 y 10A)

Kramer; PJ; Koslowski, TT. 1979. Physiology of woody plants. Orlando, US, Academic Press. 811 p.

Leakey, RRB. 1985. The capacity of vegetative propagation of trees. *In* Cannell, MGR; Jackson, JE eds. Trees as crop plants. Midlothian, UK, Institute of Terrestrial Ecology. p. 110-133.

Leakey, RRB; Mohammed, RS. 1985. The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Journal of Horticultural Science 60(3): 431-437.

Leakey, RRB; Mesén, JF; Tchoundjeu, Z; Longman, KA; Dick, J McP, Newton, A; Matin, A; Grace, J; Munro, RC; Muthoka, PN. 1990. Low technology techniques for vegetative propagation of tropical trees. Commonwealth Forestry Review 69(3): 247-257.

Loach, K. 1977. Leaf water potencial and the rooting of cuttings under mist and polythene. Physiology Plantarum No. 40: 191-197.

Mayer, AM; Poljakoff-Mayber, A. 1975. The germination of seeds. 2 ed. Oxford, UK, Pergamon. p. 21-75. (International Series of Monographs: Pure and Applied Biology, vol. 5).

McDonald, SS; Williamson, GB; Wiemann, MC. 1995. Wood specific gravity and anatomy in *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae). American Journal of Botany 82(7): 855-861.

Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba, Costa Rica, CATIE-Prosefor. 36 p. (Serie Técnica Manual Técnico No. 30)

Mesén, F; Newton, AC; Leakey, RRB. 1997. The effects of propagation environment and foliar area on the rooting physiology of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) oken cuttings. Tree no. 11: 404-411.

Mesén, F; Leakey, RRB; Newton, AC. 2001. The influence of stockplant environment on morphology, physiology and rooting of leafy stem cuttings of *Albizzia guachapele*. New Forest no. 22: 213-227.

Núñez, Y. 1997. Propagación vegetativa del cristóbal (*Platymiscium pinnatum* Benth); pilón (*Hyeronima alchornoides* Allemo) y surá (*Terminalia oblonga* Ruiz & Pavón) mediante el enraizamiento de estacas juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 150 p.

Ocampo R. 1994. Domesticación de plantas medicinales en Centroamérica: actas de la reunión técnica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, CYTED, OPS/OMS, OEA. 132 p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 245).

Odegbaro, OA; Adedipe, NO. 1986. Rooting classification and culture responses of some cacao hybrids. Turrialba 36(2): 197-204.

Rehm, S; Espig, G. 1991. The cultivated plants of the Tropics and Subtropics: cultivation, economic value, utilization. Trad. G. McNamara; C. Ernsting. Weikersheim, DE. p. 372-373.

Salisbury, FB; Ross, CW. 1992. Fisiología vegetal. Trad. Virgilio González. México, Iberoamericana. p. 368-370.

Vázquez-Yanes, C. 1976. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. *In* Gómez-Pompa, A; Del Amo Rodríguez, S; Vázquez-Yanes, C; Butanda Cervera, A. Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. México, Continental.

Willer, H; Yussefi, M. 2001. Organic Agriculture Worldwide 2001: Statistics and Future Prospects (en línea) Consultado el 12-01-2002. Disponible en http://www-.soel.de/inhalite/publicationen/s_74_03.pdf.